



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11224281 A

(43) Date of publication of application: 17.08.99

(51) Int. Cl

G06F 17/50**H01L 21/82****H01L 27/04****H01L 21/822**

(21) Application number: 10321214

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22) Date of filing: 12.11.98

(72) Inventor: TOYONAGA MASAHIKO AKINOU TOSHIROU

(30) Priority: 17.11.97 JP 09314723

(54) OPTIMIZATION METHOD FOR ELEMENT ARRANGEMENT

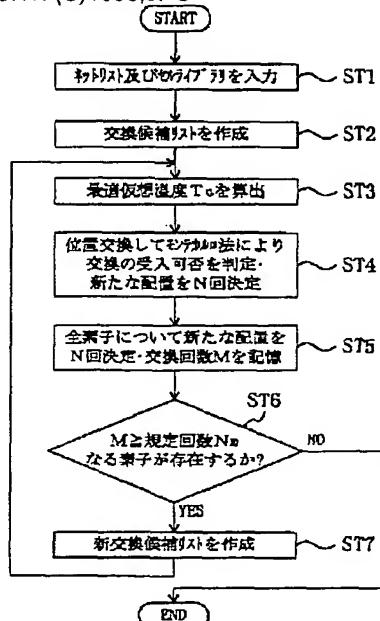
composed of the candidate element is prepared (ST7) by registering the candidate element.

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optimization method of element arrangement with a small number of times of processings by obtaining an optimum virtual temperature corresponding to a cost and judging the availability of position exchange by an MC method at the optimum virtual temperature.

SOLUTION: A net list and a cell library are respectively inputted and initial arrangement is performed (ST1). An exchange candidate list is prepared (ST2). By averaging the differences in costs in the case of exchanging positions at random, an optimum virtual temperature is obtained (ST3). The improvement of arrangement using an MC method at the obtained optimum virtual temperature is executed (ST4). For all elements provided in the exchange candidate list, the determination of a new arrangement is repeated for an N times which is the number of times of arrangement improvement (ST5). Whether or not a candidate element for which the number of times of exchange is more than the prescribed stipulated number of times is present is judged (ST6). When it is present, a new exchange candidate list

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



第2971464号

(45)発行日 平成11年(1999)11月8日

(24)登録日 平成11年(1999)8月27日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 6 F 17/50
H 0 1 L 21/82

識別記号

F I
G 0 6 F 15/60
H 0 1 L 21/82
6 5 8 A
6 0 4 Z
C
D

請求項の数4(全7頁)

(21)出願番号 特願平10-321214
 (22)出願日 平成10年(1998)11月12日
 (65)公開番号 特開平11-224281
 (43)公開日 平成11年(1999)8月17日
 奈査請求日 平成10年(1998)11月12日
 (31)優先権主張番号 特願平9-314723
 (32)優先日 平9(1997)11月17日
 (33)優先権主張国 日本 (JP)

(73)特許権者 000005821
 松下電器産業株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (72)発明者 豊永 昌彦
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電
 器産業株式会社内
 (72)発明者 秋濃 俊郎
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電
 器産業株式会社内
 (74)代理人 弁理士 前田 弘 (外1名)
 審査官 後藤 彰

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 素子配置の最適化方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体装置の設計において、素子配置を評価するためのコスト値であって、かつパラメータである仮想温度に従って変化する該コスト値を使用して素子を配置する素子配置の最適化方法であって、ネットリストとセルライブラリとを入力し、初期配置をする第1の工程と、前記ネットリストにおいてN_e個存在する全素子を登録して交換候補リストを作成する第2の工程と、前記交換候補リストから2個の素子を選択し、該2個の素子の位置を交換した場合の該交換前後における各々の素子配置に対する前記コスト値を求め、該求められた各々のコスト値に基づいて最適仮想温度を求める第3の工程と、前記交換候補リストから第1の素子を、該第1の素子に

2

隣接する素子のうちから第2の素子を各々選択し、該第1の素子と該第2の素子との位置を交換し、該交換前後における前記コスト値同士の差に基づくモンテカルロ法を前記最適仮想温度において実行することによって該交換の受入可否を判定して、受入できる場合には該交換後の配置を、受入できない場合には該交換前の配置を各々新たな配置に決定する第4の工程とを備えたことを特徴とする素子配置の最適化方法。

【請求項2】 請求項1記載の素子配置の最適化方法において、前記交換候補リストが有する素子について、所定の配置改善回数であるN回だけ前記新たな配置を各々決定し、かつ、前記受入の回数である交換回数Mを各々記憶する第5の工程と、前記交換候補リストが有する素子において、規定回数N

m ($N_m < N$) 以上の前記交換回数Mを有する候補素子が存在するかどうかを判定して、存在する場合には該候補素子を登録して新交換候補リストを作成し、存在しない場合には素子配置を終了する第6の工程と、前記交換候補リストに代えて前記新交換候補リストを使用して、前記第3の工程から前記第6の工程までを繰り返す第7の工程とを更に備えたことを特徴とする素子配置の最適化方法。

【請求項3】 請求項1記載の素子配置の最適化方法において、

前記第3の工程は、

2個の素子をランダムに選択し、該2個の素子の位置を交換した場合の該交換前後における各々の素子配置に対する前記コスト値同士の差を前記2個の素子間のマンハッタン距離によって除した値である、単位距離当たりのコスト差を求める工程と、前記単位距離当たりのコスト差を所定のn個だけ求めて、該n個について平均値を求め、該求められた平均値を前記最適仮想温度とする工程とを備えたことを特徴とする素子配置の最適化方法。

【請求項4】 半導体装置の設計において、素子配置を評価するためのコスト値であって、かつパラメータである仮想温度に従って変化する該コスト値を使用して素子を配置する素子配置プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、コンピュータを、ネットリストとセルライブラリとを入力し、初期配置をするための第1の手段と、

前記ネットリストにおいてNe個存在する全素子を登録して交換候補リストを作成するための第2の手段と、前記交換候補リストから2個の素子を選択し、該2個の素子の位置を交換した場合の該交換前後における各々の素子配置に対する前記コスト値を求め、該求められた各々のコスト値に基づいて最適仮想温度を求めるための第3の手段と、

前記交換候補リストから第1の素子を、該第1の素子に隣接する素子のうちから第2の素子を各々選択し、該第1の素子と該第2の素子との位置を交換し、該交換前後における前記コスト値同士の差に基づくモンテカルロ法を前記最適仮想温度において実行することによって該交換の受入可否を判定して、受入できる場合には該交換後の配置を、受入できない場合には該交換前の配置を各々新たな配置に決定するための第4の手段と、

前記交換候補リストが有する素子について、所定の配置改善回数であるN回だけ前記新たな配置を各々決定し、かつ、前記受入の回数である交換回数Mを各々記憶するための第5の手段と、

前記交換候補リストが有する素子において、規定回数Nm ($N_m < N$) 以上の前記交換回数Mを有する候補素子が存在するかどうかを判定して、存在する場合には該候補素子を登録して新交換候補リストを作成し、存在しな

い場合には素子配置を終了するための第6の手段と、前記交換候補リストに代えて前記新交換候補リストを使用して、前記第3の手段と前記第4の手段と前記第5の手段と前記第6の手段とを順次動作させるための第7の手段として機能させるための素子配置プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体装置の設計10における素子配置の最適化方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 組み合わせ最適化手法の1つであるシミュレーテドアニーリング (Simulated Annealing : SA) 法が、S.Kirkpatrick et al., "Optimization by Simulated Annealing", SCIENCE, Vol.220, No.4598, pp.671-680, May 1983に提案されている。SA法とは、熱力学における計算機シミュレーション法であるモンテカルロ (Monte-Carlo : MC) 法を適用して、組み合わせの最適化を実行する方法である。SA法においては、それぞれ熱力学における、温度に代えてパラメータである仮想温度を使用し、エネルギー値に代えて組み合わせ問題において生成された配置を評価するための評価関数の値

(コスト値) を使用する。すなわち、仮想温度Tにおいて、生成された配置から選択された2個の素子について位置を交換してコスト値を求め、該交換の受入が可能かどうかを該コスト値に基づくMC法によって判定する。該判定の結果、受入できなかった場合には元の位置に戻して再び2個の素子を選択し、受入できた場合には交換後の配置から2個の素子を選択して、該選択された2個の素子について位置を交換してコスト値を求める。所定の配置改善回数であるN回だけ判定を実行して、仮想温度Tにおける素子配置を最適化する。SA法によれば、素子配置を、仮想温度(高温) T_sにおいて最適化し、所定の温度だけ徐冷して該最適化された配置を基に再び最適化し、これを繰り返して仮想温度(低温) T_eまで徐冷する。仮想温度(低温) T_eにおける配置を最適解とみなして、近似解を得ることができる。

【0003】 図4(a)～(c)は、4方向結合を持つ配置モデルにSA法を適用して、コスト値(総配線長)40が最小になるように素子(例えば、スタンダードセル)の配置を最適化する過程を示す配置図である。中央部の4×4(素子数Ne=16)個の素子は配置対象素子Eであり、周辺素子E_rは固定された素子である。また、素子相互間の距離は、単位距離1である。組み合わせ問題は、例えば、図4(a)に示されたようなランダムに素子を配置した初期配置から、最適な配置を求める問題である。SA法によれば、仮想温度Tを徐々に下げるこことによって、図4(a)の初期配置から図4(b)の配置を経て図4(c)の最適配置を得られる。

【0004】 SA法を使用した場合におけるコスト値の

変化を、図5を参照して説明する。図5は、素子数N_eが $5 \times 5 = 25$ である場合における、仮想温度Tとコスト値との関係を示す図である。仮想温度Tとコスト値とは、いずれも相対目盛によって表されている。仮想温度Tが10.0から4.0までは、コスト値は大きな増減を繰り返している。仮想温度Tが4.0から1.0までは、コスト値は増減を繰り返しながらも、全体としては仮想温度Tの低下に伴い減少している。コスト値を仮想温度Tで微分して得られる量は比熱に相当する量であるが、図5中のT_cは比熱がピークを示す温度であって、SA法における徐冷の結果判明したものである。

【0005】図6は、他の従来の技術であるペア交換(Pair-wise Exchange: PW)法と、上記SA法によって、それぞれ得られた結果の具体例を示す図である。PW法とは、コスト値が下がる場合にのみ素子の交換を受け入れることによって、配置を最適化する方法である。SA法によれば、コスト値すなわち総配線長がPW法に比べて約1/2~1/3に抑えられており、より良質な解、つまり素子配置を得ることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、SA法によれば、素子数が増加するに伴い最適化のための処理の繰り返し回数が激増する。図6に示されたように、最適化繰り返し回数は、素子数N_eが $5 \times 5 = 25$ から $8 \times 8 = 64$ へと約3倍になった場合には約11倍に、 $8 \times 8 = 64$ から $10 \times 10 = 100$ へと約2倍になった場合には約9倍になる。したがって、SA法によって100万素子以上のトランジスタ配置を実行する場合には、膨大な処理回数が必要となるので、現実的な時間内に処理を完結できない。

【0007】本発明の目的は、SA法と同等の良質な素子配置を、少ない処理回数で得られる素子配置の最適化方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、図5中の温度T_cに着目してなされたものである。図5において、1~2の付近の値(破線によってはさまれた部分)を有する仮想温度TにおいてMC法を実行すれば、高い仮想温度から徐冷してSA法を実行した場合と同等に素子配置を改善し、かつ、処理回数を削減することが期待される。つまり、本発明は、MC法の実行に先立つて予め最適な仮想温度を推定することとしたものである。

【0009】さて、強磁性体が高温下で磁性を失うことよく知られている。この磁性を消失する温度は、相転移温度と呼ばれる。本発明に係る素子配置の最適化方法は、シミュレーテッドフェーズトランジション(Simulated Phase Transition: SPT)法とでも呼ぶべき方法であって、素子配置における秩序と無秩序との縁をなす状態の仮想温度、すなわち擬似相転移温度T_cを最適仮想温度として採用することとしたものである。温度T_cで

は比熱がピークを示す。つまり、T_cはコスト値を最も効率良く改善する温度である。一方、T_cは秩序と無秩序との境界温度である。したがって、T_cでは一部の素子で秩序が生成されている可能性がある。そこで、T_c下におけるMC法において素子の交換回数をモビリティとして観測しておき、該モビリティに比例した交換確率に基づく配置改善を行う。

【0010】具体的に説明すると、本発明によれば、次のようにして最適仮想温度(擬似相転移温度)T_cが求められる。すなわち、交換候補リストから2個の素子をランダムに選択し、該2個の素子の位置を交換した場合の該交換前後における各々の素子配置に対するコスト値同士の差を前記2個の素子間のマンハッタン距離によって除した値である、単位距離当たりのコスト差を求め、該単位距離当たりのコスト差を所定のn個だけ求めて、該n個について平均値を求め、該求められた平均値をT_cとするのである。このようにして求められたT_cはある秩序状態を乱すための最小のエネルギーに相当するものである。

【0011】上記のようにして求められたT_cから従来のSA法をスタートさせても、従来より高速に最適配置が得られる。更なる高速化のためには、本発明のSPT法によれば、全素子が登録された交換候補リストに基づいてT_cを求め、該T_cにおいて交換候補リストから2個の素子を選択して交換し、MC法を実行して該交換の可否を判定し、全素子のうちから交換回数が規定回数以上の素子を選択して新交換候補リストを作成する。新交換候補リストに登録された素子はその周囲の固定された素子から拘束を受けるので、この時点のT_cは前より低くなっているはずである。したがって、新交換候補リストに基づいて再びT_cを求める。これを繰り返せば、T_cの採用によりコスト値を効率良く改善できるだけでなく、交換候補リストの構成要素が順次減少するので、MC法の実施温度を徐々にではなく急速に、かつ自動的に下げができる。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明に係る素子配置の最適化方法を、図面を参照して説明する。図1は、本発明に係る素子配置の最適化方法を示すフローチャート図である。配置の対象となる素子は、例えばスタンダードセルである。ここでは、総配線長をコスト値とする。

【0013】まず、第1の工程ST1において、素子間の接続関係を記述したネットリストと、半導体装置の設計において使用するセルの情報を格納するセルライブラリとをそれぞれ入力し、初期配置をする。

【0014】次に、第2の工程ST2において、ネットリストにおいてN_e個存在する全素子を登録して、交換候補リストL_eを作成する。交換候補リストL_eとは、素子のインスタンス情報(識別情報)と位置情報とを記述したリストである。例えば、図4(a)に示された回

路に対しては、中央部の 4×4 （全素子数 $N_e = 16$ ）の配置対象素子Eが交換候補リストL_eに記述される。*

$$L_e = \{E_1, E_2, E_3, \dots, E_{16}\}$$

のように表される。ただし、ここでは位置情報の表記を省略する。

【0015】次に、第3の工程ST3において、交換候補リストL_eが有する素子数N_e（=16）個の素子についてランダムに位置を交換した場合におけるコスト値の差を平均することによって、最適仮想温度T_cを求める。なお、T_cの求め方の詳細については後述する。

【0016】次に、第4の工程ST4において、求められた最適仮想温度T_cにおける、MC法を使用した素子※

$$\exp(-\Delta E/T_c) < \text{Rand}$$

なる判定式を用いる。ここで、Rand(1.0)は、1～0の値に対して発生する乱数である。式(2)が成立すれば交換を受け入れ、成立しなければ交換を受け入れずに位置を元に戻す処理を実行する。それとの場合について、該処理後の配置を新たな配置として決定する。第1の素子と第2の素子との位置の交換と、該交換についての受入可否の判定とを実行して新たな配置を決定し、該決定を所定の配置改善回数であるN回だけ繰り返す。

【0017】次に、第5の工程ST5において、交換候補リストL_eが有する素子のすべてについて、新たな配置の決定を配置改善回数であるN回だけ繰り返す。例えば、図4(a)に示された回路のように素子数N_e=16である場合において、配置改善回数Nが100であるとすれば、第4の工程ST4と第5の工程ST5における繰り返し回数の合計は、 $N \times N_e = 1600$ となる。各素子について、交換された場合には該交換の回数を交換回数Mとして記録する。

【0018】次に、第6の工程ST6において、各素子について、それぞれ有する交換回数Mが所定の規定回数Nm以上であるような候補素子が存在するかどうかを判定する。判定の結果、候補素子が存在すれば第7の工程ST7に進み、存在しなければ素子配置の最適化を終了する。

【0019】次に、第7の工程ST7において、候補素子を登録することによって、該候補素子からなる新交換候補リストを作成した後に、第3の工程ST3に戻る。第3の工程ST3において、交換候補リストL_eに代えて新交換候補リストを使用して、最適仮想温度T_cを求める。以下、同様に第3の工程ST3から第6の工程ST6までを、候補素子が存在しなくなるまで繰り返す。

【0020】第6の工程ST6における判定は、次のような意義を有する。すなわち、大きな交換回数Mの値を有する素子は、最適な配置からはまだかけ離れていると判断できる。また、小さな交換回数Mの値を有する素子は、既にかなりの程度改善された配置にあると判断できる。これらのことから、規定回数Nmが十分に小さい場

*配置対象素子Eをそれぞれ素子E₁, E₂, ..., E₁₆とすると、交換候補リストL_eは、

$$\dots (1)$$

※配置の改善を実行する。交換候補リストL_eが有する素子からランダムに1つを選択して第1の素子とし、更に、該第1の素子に隣接する8つの素子（配置対象素子Eだけでなく、周辺素子E_rをも含む。）のうちからランダムに1つを選択して第2の素子とする。第1の素子と第2の素子との位置を交換した後に、MC法を使用して該交換について受入の可否を判定する。MC法においては、最適仮想温度T_cにおける位置の交換によって変化するコスト値を ΔE として、

$$(1.0) \dots (2)$$

合において $M \geq N_m$ なる候補素子が存在しないことは、位置の交換を実行しても改善がもはや進まないことを意味する。したがって、これ以上配置を改善する処理は不要なので、素子配置の最適化を終了するのである。一方、候補素子が存在することは、まだ位置の交換によって改善の余地があることを意味する。したがって、候補素子からなる新交換候補リストを作成して、最適仮想温度T_cを求めて、更に位置の交換によって改善を実行するのである。

【0021】ここで、最適仮想温度T_cの求め方を説明する。図2は、本発明に係る素子配置の最適化方法における最適仮想温度T_cの求め方を示すフローチャート図である。図1の第3の工程ST3において、図2に示されたようにして最適仮想温度T_cを求める。図2において、まず、工程ST31において、交換候補リストから素子EA, EBをランダムに選択する。次に、工程ST32においてコスト値COST1を算出する。次に、工程ST33において、素子EA, EBの位置を交換した場合のコスト値COST2を算出する。次に、工程ST34において、交換前のコスト値COST1と交換後のコスト値COST2との差であるコスト差DEを、

$$DE = |COST1 - COST2|$$

に従って求める。次に、工程ST35において、素子EAと素子EBとの間のマンハッタン距離lを求める。次に、工程ST36において、該マンハッタン距離lについて単位距離当たりのコスト差 $\Delta E'$ を、

$$\Delta E' = DE/L$$

に従って求める。更に工程ST37において、単位距離当たりのコスト差 $\Delta E'$ を所定の回数であるn回だけ求めたかどうかを判定し、求めていなければ工程ST31に戻り、求めていれば工程ST38に進む。次に、工程ST38において、単位距離当たりのコスト差の平均値 ΔE_a を、

$$\Delta E_a = (\sum \Delta E') / n$$

に従って求める。次に、工程ST39において、平均値 ΔE_a を最適仮想温度T_cとして出力して、処理を終了する。なお、工程ST31において選択される2素子

を、互いに隣接する2素子に限定すれば、該2素子間の距離は1なので、コスト差 ΔE が単位距離当たりのコスト差 $\Delta E'$ と一致する。

【0022】図3は、図1及び図2の方法によって得られた結果の具体例を示す図である。図3の最適仮想温度 T_c の値は、所定の回数 $n = 100$ の場合において得られた結果を示す。素子数 $N_e = 5 \times 5, 8 \times 8, 10 \times 10$ のそれぞれの場合において、1. 5, 1. 35, 1. 344の値をそれぞれ有する最適仮想温度 T_c が得られた。ここで得られた最適仮想温度 T_c の値は、図5においてコスト値を仮想温度 T で微分して得られる比熱がピークを示す温度 T_c とほぼ一致している。このことから、最適仮想温度 T_c においてMC法を実行することによって、少ない処理回数で低いコスト値、つまり良質な素子配置を得ることができる。

【0023】また、図3は、規定回数 $N_m = 1$ 、配置改善回数 $N = \text{素子数} N_e$ であり、かつ、素子数 $N_e = 5 \times 5, 8 \times 8, 10 \times 10$ のそれぞれの場合において、実行された最適化繰返し回数と、その実行の結果得られたコスト値（総配線長）とを示す。図6に示された従来のSA法による結果と比較すると、素子数 $N_e = 5 \times 5, 8 \times 8, 10 \times 10$ のそれぞれの場合において、それぞれ8.6%, 4.9%, 1.4%に減少した最適化繰返し回数によってほぼ同等のコスト値が得られたことがわかる。

【0024】MC法における乱数の発生や判定、最適仮想温度 T_c の算出等は、コンピュータの中央処理装置を使用して処理できる。したがって、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に、コンピュータを、以下のように動作させるプログラムを記録させることができる。まず、コンピュータは、ネットリストとセルライブラリとを受け取って初期配置をし、全素子を登録して交換候補リスト作成してメモリへ記憶し、該交換候補リストから2個を選択して位置を交換した場合の交換前後のコスト値に基づき中央処理装置によって最適仮想温度 T_c を算出する。次に、コンピュータは、メモリへ記憶された交換候補リストから第1の素子とそれに隣接する第2の素子とを選択して位置を交換し、最適仮想温度 T_c において該交換前後のコスト値に基づくMC法によって該交換の受入可否を判定し、受入できれば交換後の、できなければ交換前の配置を各々新配置に決定する。次に、コンピュータは、交換候補リストが有する素子について、N回だけ新配置を各々決定し、交換回数 M が規定回数 N_m ($N_m < N$) 以上である候補素子の有無を中央処理装置によって判定して、候補素子がなければ素子配置を終了し、あれば候補素子を登録して新交換候補リストを作成してメモリへ記憶し、該新交換候補リストを用いて最適仮想温度 T_c の算出から候補素子の登録までを繰り返す。このことによって、コンピュータが素子配置を最適化できる。

【0025】なお、以上の説明においては、コスト値と

して素子間の配線長を使用した。これに限らず、コスト値として、回路の面積、信号の遅延時間等を使用することもできる。

【0026】以上説明したように、本発明によれば、求め最適仮想温度 T_c を求め、該最適仮想温度 T_c において交換候補リストが有する素子から選択された2個の素子の位置を交換し、該交換の可否をMC法によって判定する。交換回数 M が規定回数 N_m 以上である候補素子、すなわち交換の頻度がより高い素子について最適な配置からはまだかけ離れていると判断し、該候補素子を登録して新交換候補リストを生成する。言い換えれば、交換回数 M が規定回数 N_m より小さい素子、すなわち交換の頻度が低い素子について最適な配置に近い素子であると判断し、このような素子を除外して新交換候補リストを生成する。交換候補リストに代えて該新交換候補リストを使用して、再び最適仮想温度 T_c を求める。

【0027】したがって、ある程度低くなっているコスト値に対応する最適仮想温度 T_c において、位置交換の可否をMC法によって判定するので、少ない処理回数によって低いコスト値、つまり良質な素子配置を得ることができる。また、交換回数 M が規定回数 N_m 以上である候補素子のみを登録した新交換候補リストに基づいて最適仮想温度 T_c を求め、該最適仮想温度 T_c において素子配置を改善するので、処理が進行するに伴い候補素子が減少する。このことからも、少ない処理回数によって良質な素子配置を得ることができる。

【0028】

【発明の効果】本発明によれば、ある程度低くなっているコスト値に対応する最適仮想温度を求め、該最適仮想温度において、位置交換の可否をMC法によって判定するので、少ない処理回数によって低いコスト値、つまり良質な素子配置を得ることができる。また、交換の頻度がより高い候補素子のみを登録した新交換候補リストに基づく最適仮想温度において、素子配置を改善する。したがって、処理が進行するに伴い候補素子が減少するので、少ない処理回数によって良質な素子配置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る素子配置の最適化方法を示すフローチャート図である。

【図2】本発明に係る素子配置の最適化方法における最適仮想温度 T_c の求め方を示すフローチャート図である。

【図3】図1及び図2の方法で得られた結果の具体例を示す図である。

【図4】(a)は従来のSA法を使用して配置を最適化する過程における初期配置を、(b)は該最適化の途中における配置を、(c)は該最適化が終了した状態における配置をそれぞれ示す配置図である。

【図5】素子数 N_e が $5 \times 5 = 25$ である場合における

る、従来のSA法によって得られた仮想温度Tとコスト値との関係を示す図である。

【図6】各々従来技術であるPW法とSA法とによつて、それぞれ得られた結果の具体例を示す図である。

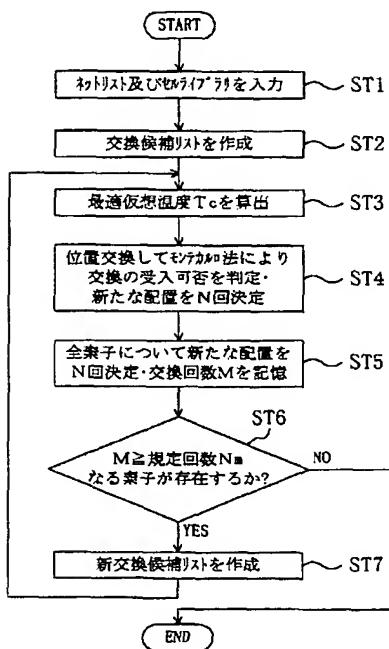
【符号の説明】

E 配置対象素子

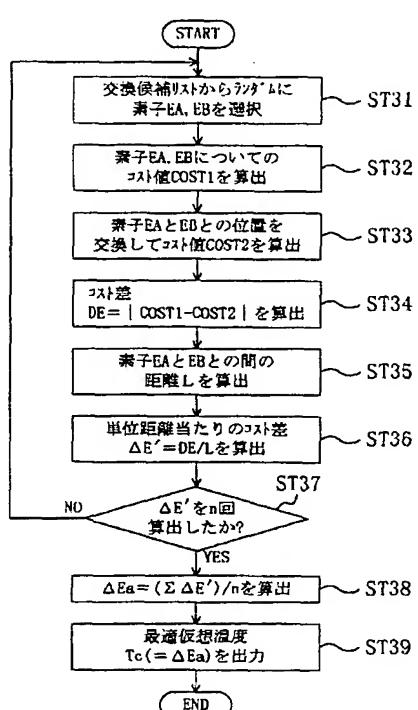
Er 周辺素子（固定）

Tc 最適仮想温度（擬似相転移温度）

【図1】



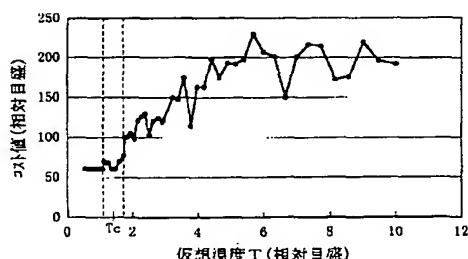
【図2】



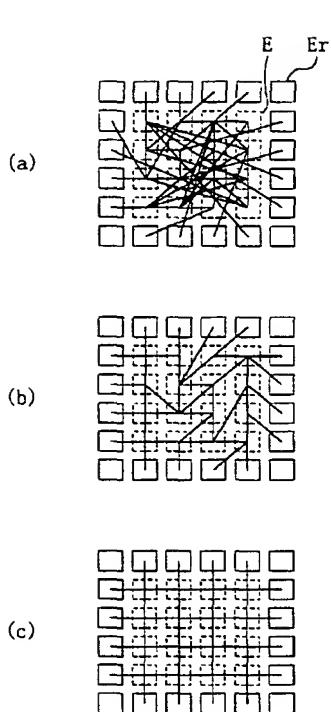
【図3】

素子数 Ne	本発明による方法		
	最適仮想温度 Tc	コスト値 (総配線長)	最適化 繰返し回数
5×5	1.5	60	4320
8×8	1.35	150	26235
10×10	1.344	274	62910

【図5】



【図4】



【図6】

粒子数 N_e	「A交換法		「シミュレート・アニーリング」法 (仮想温度(高温) $T_h=10.0$, 仮想温度(低温) $T_c=0.5$)	
	コスト値 (総配線長)	最適化 繰返し回数	コスト値 (総配線長)	最適化 繰返し回数
5×5	110	2500	60	5000
8×8	356	16384	144	53248
10×10	598	50000	226	460000

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平4-362785 (J P, A)
 特開 平2-162465 (J P, A)
 銭飛、外1名、”並列平均場近似計算
 法による組合せ最適化とボルツマンマシ
 ンの学習”，電子情報通信学会論文誌D
 -▲ I I ▼、社団法人電子情報通信學
 会、平成5年12月、第J76-D-▲ I I
 ▼卷、第12号、p. 2615-2625

(58)調査した分野(Int.Cl.6, DB名)
 G06F 17/50
 H01L 21/82